

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 05-258700

(43)Date of publication of application : 08.10.1993

(51)Int.Cl.

H01J 37/147

H01J 37/22

H01J 37/28

(21)Application number : 04-055076

(71)Applicant : JEOL LTD

(22)Date of filing : 13.03.1992

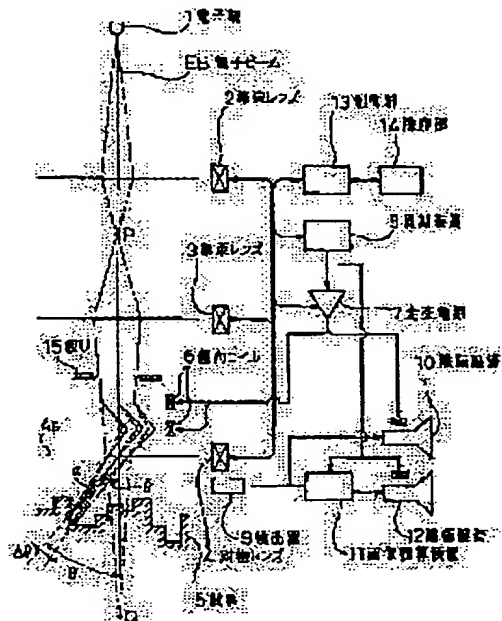
(72)Inventor : MATSUTANI MIYUKI

(54) SCANNING IMAGE OBSERVING METHOD AND SCANNING ELECTRON MICROSCOPE

(57)Abstract:

PURPOSE: To realize a scanning image observing method and a scanning electron microscope in which the clear observation of a surface parallel to an optical axis or a surface having a large inclination can be regularly provided with a high resolution regardless of magnification.

CONSTITUTION: When the mode for observing a surface parallel or nearly parallel to an optical axis of a sample 5 is set by an operation part 14, the position of imaging point of each lens is controlled by a control part 13 so as to increase the focus depth. The imaging point Q of a second focusing lens 3 is moved in the rear (sample side) of the main surface 4s of an objective lens 4. Consequently, compared with the observation mode of a general scanning electron microscopic image, the beam radius of a small fraction-1/10 is obtained on the main surface 4s of the objective lens 4. The objective lens 4 forms the image of the point Q on a sample surface with the point Q as a virtual light source. Therefore, the opening angle of the electron beam emitted to the sample is minimized, and consequently, the focus depth ranging from a several-time value to a value larger by one figure is provided, compared with the observation of the scanning electron microscopic image.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平5-258700

(43)公開日 平成5年(1993)10月8日

(51)Int.Cl. ⁵	識別記号	片内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 J 37/147		B		
37/22				
37/28		Z		

審査請求 未請求 請求項の数 4(全 9 頁)

(21)出願番号 特願平4-55076

(22)出願日 平成4年(1992)3月13日

(71)出願人 000004271

日本電子株式会社

東京都昭島市武蔵野3丁目1番2号

(72)発明者 松谷 幸

東京都昭島市武蔵野3丁目1番2号 日本

電子株式会社内

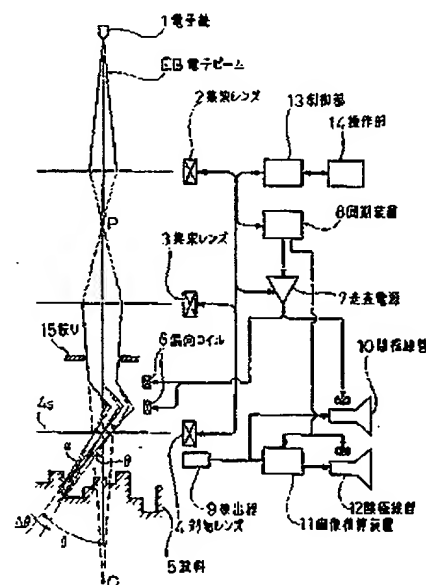
(74)代理人 弁理士 井島 藤治 (外1名)

(54)【発明の名称】 走査像観察方法および走査電子顕微鏡

(57)【要約】

【目的】 光軸に平行な面、あるいは、大きな傾斜角の面の観察を倍率に無関係に常に高分解能で鮮明に得ることができる走査像観察方法および走査電子顕微鏡を実現する。

【構成】 操作部14により、試料5の内、光軸に平行、あるいは平行に近い面を観察するモードとした場合、各レンズの結像点の位置は、焦点深度を深くするために制御部13により制御される。まず、第2の集束レンズ3の結像点Qは、対物レンズ4の主面4sの後方(試料側)に移動せられる。この結果、通常の走査電子顕微鏡像の観察モードに比べ、数分の1～1/10のビーム半径が対物レンズ4の主面4s上で得られる。対物レンズ4は、点Qを虚光源として試料面上に点Qの像を結ぶ。このため、試料に入射する電子ビームの開き角 α は、小さくなり、結果として焦点深度は通常の走査電子顕微鏡像観察時に比べ、数倍から1桁大きな値となる。



(2)

特開平5-258700

1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 傾斜した試料面に対し、電子ビームを光軸から角度 θ 偏向し、その状態で微小角度 $\pm\Delta\theta$ の範囲を走査し、この走査に応じて試料から得られた信号を表示装置に導き、試料の傾斜面の走査像を表示するようにした走査像観察方法において、観察すべき試料面の傾斜角を ϕ 、人間の目の分解能を r 、表示装置の表示領域の幅を $2L$ としたとき、試料に入射する電子ビームの開き角 α をほぼ、

$$(r/2L) \times \{1/\tan(\phi-\theta)\} \leq \alpha$$

$$\alpha \leq 2(r/2L) \times \{1/\tan(\phi-\theta)\}$$

(ただし、 $0 < \Delta\theta < \phi - \theta$)

としたことを特徴とする走査像観察方法。

【請求項2】 電子ビームを試料上に細く集束するための集束レンズと、試料上の電子ビームの照射位置を走査するための偏向手段と、試料への電子ビームの照射に基づいて得られた信号が供給され、電子ビームの走査と同期した表示手段と、集束レンズの強度や偏向手段を制御する制御手段とを備えており、該制御手段は、試料の傾斜面の走査像を観察する際、傾斜した試料面に対し、電子ビームを光軸から角度 θ 偏向し、その状態で微小角度 $\pm\Delta\theta$ の範囲を走査し得るように偏向手段を制御し、観察すべき試料面の傾斜角を ϕ 、人間の目の分解能を r 、表示装置の表示領域の幅を $2L$ としたとき、試料に入射する電子ビームの開き角 α がほぼ、

$$(r/2L) \times \{1/\tan(\phi-\theta)\} \leq \alpha$$

$$\alpha \leq 2(r/2L) \times \{1/\tan(\phi-\theta)\}$$

(ただし、 $0 < \Delta\theta < \phi - \theta$)

となるように集束レンズの強度を制御するようにしたことを特徴とする走査電子顕微鏡。

【請求項3】 偏向手段は2段偏向系より成り、この2段偏向系で電子ビームを光軸から角度 θ 偏向し、イメージングコイルにより微小角度 $\pm\Delta\theta$ の走査を行うようにした請求項1記載の走査電子顕微鏡。

【請求項4】 試料の傾斜した観察面が電子ビーム光軸に接近して配置された場合、集束レンズのうち最終段の集束レンズの絞りの位置を光軸からずらすように構成した請求項2記載の走査電子顕微鏡。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、傾斜した試料面の観察を行うに最適な走査像観察方法および走査電子顕微鏡に関する。

【0002】

【従来の技術】 走査電子顕微鏡において、大型試料を高速で移動させ、かつ、高倍率で位置決めする試料ステージでは、位置決めの精度向上のため、ゴニオメータステージなどが有する試料の傾斜動や回転動は利用しないか、または、ステージに組み込まれないことが多い。このような装置で、電子光学系の光軸に平行な面、あるい

2

は、傾斜角の大きな面を観察する場合には、電子ビームの中心軸と光軸との成す入射角 θ を大きく傾斜させて試料に入射させれば、観察視野の周辺で、ある程度、試料の側面も観察することができる。図1はこのような状態を示したもので、試料Sは、凸部 S_1 、 S_2 を有している。凸部 S_1 の側面の一方は、電子ビーム光軸に沿って配置されており、もしこの面が光軸に接している時は、電子ビーム光軸に中心軸を有する E_B で走査を行っても側面の観察は出来ない。一方、凸部 S_2 の側面は、光軸から離れており、この面は、電子ビームの中心軸が光軸と角度 θ 傾けられた電子ビーム E_B を用い、 E_B を $\pm\Delta\theta$ の範囲で走査すれば、凸部 S_2 の側面の観察は可能となる。なお、 OL は対物レンズの主面である。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】 試料の凹凸の側面のみを観察する場合、従来の装置では試料面の走査領域と観察用陰極線管の走査領域を共に凹凸の側面に制限し、像（制限視野像）を観察する手法があったが、入射角 θ を中心に偏向する角度 $\pm\Delta\theta$ を小さくし、この側面の領域を中高倍で観察する機構がなかった。また、従来の装置では、高倍率で観察しようとする、入射角 θ が小さくなり、側面の観察には不適合であった。更に、従来の装置では、高分解能の像を得るために、試料に入射するビームの開き角 α は、大きな値、例えば、5 mradとなり、従って、焦点深度も小さな値となった。例えば、倍率が100倍で、光軸に垂直な面に対しても、0.2 mm程度であった。従って、光軸に平行な凹凸の側面を観察する場合には、倍率が小さい場合でも、入射角 θ を中心として視野の $\tan\theta/3$ ぐらいの範囲しか鮮明な像が得られないし、凹凸の周期が短いと電子ビームが凹凸の隙間に入り込めないという欠点を有している。図2はこのような状態を示したもので、走査の中心が E_B の場合には $\Delta\theta$ の走査によって E_B とオーバーラップするので側面のみは得られず、また、 E_B の場合は、凸部 S_1 により、凸部 S_2 の側面の観察が邪魔される。

【0004】 更にまた、焦点深度を深くするために、試料に入射するビームの開き角 α を小さくすると、輝度の保存則から電子銃の光源の大きさを十分に縮小して高分解能の像を得るためには、プローブ電流を小さくしなければならない。従って、画像のノイズ成分は焦点深度と分解能を両立させるときには増大してしまう。

【0005】 本発明は、このような点に鑑みてなされたもので、その目的は、光軸に平行な面、あるいは、大きな傾斜角の面の観察を倍率に無関係に常に高分解能で鮮明に得ることができる走査像観察方法および走査電子顕微鏡を実現するにある。

【0006】

【課題を解決するための手段】 本発明に基づく走査像観察方法は、傾斜した試料面に対し、電子ビームを光軸から角度 θ 偏向し、その状態で微小角度 $\pm\Delta\theta$ の範囲を走

(3)

特開平5-258700

3

4

とし、この走査に応じて試料から得られた信号を表示装置に送き、試料の傾斜面の走査像を表示するようにした走査像観察方法において、観察すべき試料面の傾斜角を*

$$(r/2L) \times \{1/\tan(\phi-\theta)\} \leq \alpha$$

$$\alpha \leq 2(r/2L) \times \{1/\tan(\phi-\theta)\} \quad (0 < \Delta\theta < \phi - \theta)$$

としたことを特徴としている。

【0007】また、本発明に基づく走査電子顕微鏡は、電子ビームを試料上に細く集束するための集束レンズと、試料上の電子ビームの照射位置を走査するための偏向手段と、試料への電子ビームの照射に基づいて得られた信号が供給され、電子ビームの走査と同期した表示手段と、集束レンズの強度や偏向手段を制御する制御手段*

$$(r/2L) \times \{1/\tan(\phi-\theta)\} \leq \alpha$$

$$\alpha \leq 2(r/2L) \times \{1/\tan(\phi-\theta)\} \quad (0 < \Delta\theta < \phi - \theta)$$

となるように集束レンズの強度を制御するようにしたことを特徴としている。

【0008】

【作用】本発明では、傾斜した試料面に対し、電子ビームを光軸から角度 θ 偏向し、その状態で微小角度 $\pm\Delta\theta$ の範囲を走査し、この走査に応じて試料から得られた信号を表示装置に送き、試料の傾斜面の走査像を表示する場合、試料に入射する電子ビームの開き角 α を最適な値とする。

【0009】

【実施例】以下、図面を参照して本発明の実施例を詳細に説明する。図3は、本発明に基づく走査電子顕微鏡の一実施例を示しており、1は走査電子顕微鏡の電子銃である。電子銃1から発生した電子ビームEBは、集束レンズ2、3と対物レンズ4によって試料5上に細く集束される。6は偏向コイルであり、走査電源7からの走査信号に応じて電子ビームEBを試料5上で走査する。走査電源7からの走査信号は、同期装置8からの同期信号に基づいて発生する。試料5への電子ビームの照射によって発生した、例えば、2次電子は、検出器9によって検出される。検出器9の検出信号は、同期装置8から同期信号が供給されている。第1の陰極線管10に供給されると共に、画像積算装置11にも供給される。画像積算装置11は、同期装置8から同期信号も供給されており、また、その出力は、第2の陰極線管12に接続されている。13は制御部であり、各集束レンズ2、3、対物レンズ4、走査電源7、同期装置8などを制御する。14は操作部であり、高分解能モードと側面観察モードとの切り換えや、観察する傾斜面の領域や観察倍率などを指定する。このような構成の動作を次に説明する。

【0010】まず、通常の走査電子顕微鏡像を観察する場合、電子銃1から発生した電子ビームは、第1と第2の集束レンズ2、3と対物レンズ4とによって試料5上に細く集束され、また、走査電源7から偏向コイル6への走査信号の供給により、試料5上で電子ビームの走査が行われる。試料5への電子ビームの照射によって発生

* ϕ 、人間の目の分解能を r 、表示装置の表示領域の幅を $2L$ としたとき、試料に入射する電子ビームの開き角 α をば、

※とを備えており、該制御手段は、試料の傾斜面の走査像を観察する際、傾斜した試料面に対し、電子ビームを光軸から角度 θ 偏向し、その状態で微小角度 $\pm\Delta\theta$ の範囲を走査し得るように偏向手段を制御し、観察すべき試料面の傾斜角を ϕ 、人間の目の分解能を r 、表示装置の表示領域の幅を $2L$ としたとき、試料に入射する電子ビームの開き角 α がば、

した2次電子は、検出器9によって検出され、その検出信号は第1の陰極線管10と画像積算装置11とに供給される。第1の陰極線管10には、同期装置8から走査電源7への同期信号と同じ同期信号が供給されており、その結果、第1の陰極線管10には試料5の電子ビームの走査領域の2次電子像が表示される。また、画像積算装置11においては、リアルタイムで画像処理が行われ、その結果、画像積算装置11より第2の陰極線管12には、SN比が改善された信号が供給され、その信号に基づいた像が第2の陰極線管12上に表示される。

【0011】次に、操作部14により、試料5の内、光軸に平行、あるいは平行に近い面を観察するモード（以下側面観察モードと称す）とした場合、各ビームの結像点の位置は、焦点深度を深くするために制御部13により制御される。まず、第2の集束レンズ3の結像点Qは、対物レンズ4の主面4sの後方（試料側）に移動させられる。この結果、対物レンズ絞り15の穴径よりも小さく、通常の走査電子顕微鏡像の観察モードに比べ、数分の1〜1/10のビーム半径が対物レンズ4の主面4s上で得られる。対物レンズ4は、点Qを虚光源として高分解能モードのフォーカス点でフォーカスが合うように試料面上に点Qの像を結ぶ。このため、試料に入射する電子ビームの開き角 α は、小さくなり、結果として焦点深度は通常の走査電子顕微鏡像観察時に比べ、数倍から1桁大きな値となる。また、第1の集束レンズ2は、このレンズの結像点Pが点Qに共役となり、通常の走査電子顕微鏡像観察モードから側面観察モードに切り換えたときにブロープ電流が変化しないように制御される。

【0012】次に、偏向コイル6は、走査電源7からの信号により、従来のように2段偏向によって電子ビームの中心軸が対物レンズ4の中心を通るように電子ビームの偏向を行う。側面観察モードでは、電子ビームの中心軸と光軸とのなす任意の角 θ を中心に、任意の角度 $\Delta\theta$ だけ正負に偏向するよう、制御部13は走査電源7を制御する。なお、説明を簡単にするため、図に示した偏向

(4)

特開平5-258700

5

は、一次元のみ例示する。この側面観察モードにおいても、電子ビームの走査に応じて、検出器9により試料5から発生した2次電子が検出される。検出器9の検出信号は、第1の陰極線管10に供給され、この第1の陰極線管10には、偏向コイル6による電子ビームの $\pm \Delta \theta$ の走査範囲に対応した試料の領域の像が表示される。この時、画像読算装置11が持つ機能によって、第2の陰極線管12には、画像読算装置11に記憶されている走査範囲を制限していない広い領域の走査電子顕微鏡像を表示することもでき、2つの陰極線管の表示画面を観察することにより、第2の陰極線管12上の像で試料の幅広い領域を観察し、その中の注目すべき傾斜面の拡大像を第1の陰極線管10で観察することができる。

【0013】次に、本発明の動作原理を図4を用いて詳細に説明する。図4において、電子ビームが対物レンズ4の中心Oを通り、光軸に対して角度 θ で偏向されて試料5の側面に入射しており、角度 θ に比較して十分に小さい。例えば、 θ の1/10以下の角度 $\pm \Delta \theta$ で θ の回りを走査しているとすると、レンズ系は、図3で説明した焦点深度の浅いモードとなっており、点Bでフォーカス

$$AB = w \cdot \tan \theta$$

$$OB = w / \cos \theta$$

となる。次に、対物レンズ4の中心を通り、光軸に対して $\theta - \Delta \theta$ で偏向された電子ビームE、と試料との交点をC、BからOCに引いた垂線の足をD、ABとOCの交点をEとすれば、 $\Delta \theta < \theta$ の条件で、BDはおおよそ

$$OB \cdot \Delta \theta \text{ つまり } w \Delta \theta / \cos \theta$$

となる。従って、おおよそ次の関係式が導かれる。

【0014】

$$BC = w \cdot \Delta \theta / (\cos \theta \cdot \sin \theta) \quad \dots (1)$$

$$BE = w \cdot \Delta \theta / \cos^2 \theta \quad \dots (2)$$

すなわち、 θ を中心に $\pm \Delta \theta$ だけ偏向したとき、側面領域では、点Bを中心に $\pm BC$ 、通常の平面方向に $\pm BE$ だけ電子ビームで試料を走査することになる。

【0015】次に、 $\pm BC$ を焦点深度dの大きさと比較する。通常の走査電子顕微鏡では、最低倍率での観察のため、偏向角 θ の値は、4°から8°の範囲とすることは十分可能である。ここで、 $w = 20 \text{ mm}$ 、観察倍率を40倍としたとき、 $\pm AB$ の長さが第2の陰極線管12上で $\pm 60 \text{ mm}$ として観察されるとすれば、 $AB = 1.5 \text{ mm}$ であるから、偏向角 θ は次のようになる。

【0016】

【数1】

$$\theta = \tan^{-1}(AB/w) \approx 4.3^\circ$$

6

【0017】次に、 $\Delta \theta$ が0.128°、すなわち、2.24 mradとすれば、(1)、(2)式から、BCはおおよそ $\pm 0.60 \text{ mm}$ となり、また、BEは48 μm となる。この結果、観察対象の試料の側面は第2の陰極線管12上でおおよそ100倍の観察倍率(60 mm/BC)で観察される。一方、BEが48 μm であるため、第2の陰極線管12上では、通常の平面であれば、倍率が1340倍として観察されることになる。ところで、側面観察時の倍率は100倍であるにも拘らず、Bの長さはおおよそ0.60 mmであるから、従来の装置のように、光軸に垂直な面に対して焦点深度が $\pm 0.2 \text{ mm}$ しか持たない場合には、光軸に平行な試料面に対しては、

$$\tan \theta / 3 = 1/40$$

の領域しか鮮明な像の観察ができない。以下この点について図5を用いてさらに詳しく述べる。

【0018】取扱いを一般的にするため、観察する試料面は、光軸に垂直な面BAに対して、角度 ϕ だけ傾斜しているものとする。もちろん ϕ は $0 < \Delta \theta < \phi - \theta$ を満たすものとし、 ϕ の値が $\pi/2$ であれば、この試料面は光軸に平行となる。また、点Oでビームの中心が光軸に対して θ だけ傾斜して通過し、試料面上の点Bでフォーカスしているものとする。点Bにおいて、ビームの開き角が α (半頂角)で集束しており、点Oにおけるビームの偏向角が θ を中心に

$$\pm \Delta \theta = \pm (\theta - \theta')$$

だけ偏向されており、点Oにおける偏向角 θ' のビーム中心が図のように試料面上の点Cで交わっているものとする。半径OBの円弧と直線OCの交点をDとすれば、 $\Delta \theta = \theta - \theta'$ は十分に小さいので、

【0019】

【数2】

$$\widehat{BD} = BD \quad , \quad BD \perp DC$$

【0020】となる。また、ビームは偏向角 θ' のときに、点Dに集束しているから、ビームの開き角 α (半頂角)だけDCから傾いた直線とBCとの交点をFとし、直線DFと、中心がDで半径がDCの円弧との交点をGとすれば、

$$\alpha < \theta, \quad \theta' < 1 \text{ rad}$$

さらに、

【0021】

【数3】

$$\widehat{GC} = GC \quad , \quad FG \perp GC \quad , \quad BD \perp FD$$

【0022】なので、

$$\angle DBF = \angle GCG = \phi - \theta'$$

となる。従って、以下の通りとなる。

【0023】 $CD = BC \sin (\phi - \theta')$

$$GC = CD \cdot \alpha$$

(5)

特開平5-258700

7

$$FC = GC / \cos(\phi - \theta')$$

$$GC = BC \cdot \alpha \cdot \sin(\phi - \theta')$$

$$\therefore FC = BC \cdot \alpha \cdot \tan(\phi - \theta') \quad \dots (3)$$

ここで、角度 θ を中心とした $\pm \Delta \theta$ の偏向による観察倍率 M_1 は、第1の陰極線管の表示領域の全長が $2L$ であるから、 $M_1 = L / BC$ となる。また、ビームの開き角 α が有限であることにより、試料面上では、 $\pm \Delta \theta$ の偏向により $2FC$ のビーム径となるので、この値が M_1 倍されたときに、人間の目の分解能 $r = 0.2 \text{ mm}$ よりも*

$$(r/2L) \times \{1/\tan(\phi - \theta')\} \leq \alpha \leq 2(r/2L) \times \{1/\tan(\phi - \theta')\} \quad \dots (5)$$

すなわち、(5)式を満たす開き角 α であれば、観察倍率 M_1 に関係なく、常に陰極線管に表示される画像は、鮮明になるといふ興味ある結果が得られる。もし、試料面が光軸に平行であれば、 $\phi = \pi/2$ であるから、 θ が θ' にほぼ等しい場合であれば、

【0026】

【数4】

$$\alpha \leq \frac{r}{2L} \tan \theta' \approx \frac{r}{2L} \tan \theta \quad \dots (6)$$

【0027】となる。この結果、 α が $(r/2L) \cdot \tan \theta$ より小さければ、光軸に平行な試料面では、倍率 M_1 に関係なく常に画像は鮮明となる。ここで、従来の開き角 $\alpha_0 = 5 \times 10^{-3} \text{ rad}$ 、 $r = 0.2 \text{ mm}$ 、 $\theta = 4.3^\circ$ （光軸に垂直な試料面で倍率40倍を得る偏向角）を代入すると、
 $L_0 < (r/2\alpha_0) \cdot \tan \theta = 20 \text{ mm} \tan \theta = 1.5 \text{ mm}$

※

$$\alpha = (r/2L) \times \{1/\tan(\phi - \theta')\} \quad \dots (7)$$

を満たす開き角 α とすれば良いことになる。ここで $\Delta \theta = \theta - \theta'$ は十分に小さいので（前記の数値例参照）、
 (7)式の $\phi - \theta'$ は $\phi - \theta$ としても良い。

【0030】次に、陰極線管12に表示される信号は、画素検算後のものであるから、プローブ径 d_p が $d_p < r/M_1$ となるように、プローブ電流 I_p を減少させたことによる S/N の低下が補償されることになる。このように、陰極線管12上の画像は、陰極線管10上で選択した領域に対応して自動的に倍率 M_1 が定まり、かつ、(7)式で与えられる開き角 α を用いることによって任意の倍率 M_1 で画像は鮮明となり、また、 S/N も極めて優れたものとなる。

【0031】次に、具体的な操作例を図6を用いて説明する。図6(a)に示すような凹凸試料20に電子ビームEBを照射したとき、観察できる試料20の側面に照射される電子ビームの範囲を一点鎖線で示してある。図6(b)には、実際に第2の陰極線管12上で得られる画像を示してある。一点鎖線で示した領域は、対物レンズの中心から見たときに観察できる試料の側面を示しており、その領域は、実際に第1の陰極線管10上で観察される。図3の操作部14によって前述の制限視野像を選択し、制限視野の中心をPOSITION-X、Yで

8

*小さくしなければならない。すなわち $M_1 \times 2FC \leq r$ である。従って、次の式が導かれる。

$$【0024】FC \leq (BC \cdot r) / 2L \quad \dots (4)$$

なお、プローブ径が点Dにおいて FC より十分小さくなるようにプローブ電流は制限され、かつ、傾度の高い電子銃を用いているものとする。ここで、(3)式を(4)式に代入して整理すれば、次の式が導かれる。

【0025】

※となり、陰極線管や写真上の表示領域 $L = 60 \text{ mm}$ に対して、

$$L_0 / L = \tan \theta / 3 = 1/40$$

の領域しか鮮明に観察できないことになる。

【0028】ここで、 $\phi = \pi/2$ において $\pm L$ の全域に対して鮮明な像を得るためには、(6)式から、

$$\alpha \leq (0.2 \text{ mm} / 2 \times 60 \text{ mm}) \times \tan 4.3^\circ = 1.25 \times 10^{-4} \text{ rad}$$

となる。この開き角 α は、本発明におけるレンズ制御方式および従来よりも多少小さな対物レンズ絞りの径を用いることにより実現できる。そして、電子銃の輝度や回折収差などに制約される観察倍率まで、観察倍率に関係なく常に鮮明な像を得ることができる。

【0029】ところで、開き角 α を小さくすると、光源の大きさに対する倍率が増すため、高倍にすることができなくなる。従って、小さい倍率から最も高い倍率までボケを発生させずに観察するためには、

選択し、制限視野の領域の大きさをWIDTH-X、Yで選択する。この時、第1の陰極線管10上で観察されるのは、例えば、図6(b)の陰極線管12の画面の左側の斜線部のように制限を受ける。同時に試料20における走査領域も陰極線管10の画面における表示領域に対応して制限される。

【0032】図6(c)には、第2の陰極線管12の斜線部に対応する領域が第1の陰極線管10の全表示領域に表示されている様子を示す。また、図7には、このような走査を行ったときに偏向コイル6に加えられる走査信号を示しており、 i が θ に $\Delta \theta$ が $\Delta \theta$ に対応している。図8は、水平方向に走査するはずの電子ビームが試料20の側面では、2方向の走査になっている様子を示している。

【0033】また、図10(a)は、開き角 α の電子ビームが資料上をラスタ間隔 Δ でラスタ走査している様子を示したものである。この開き角 α の電子ビームによるラスタ走査においては電子ビームどうしが重なる事はないが、開き角が 2α の電子ビームが資料上を同じラスタ間隔 Δ でラスタ走査すると、図10(b)に示すように重なる部分が生じる。しかしながら、電子ビームの電流密度分布は電子ビームの中心付近が最も大きいので、そ

(6)

特開平5-258700

9

19

の部分の照射により試料から発生する二次電子などの信号量は、電子ビームが当たった部分からの量よりも格段に多い。したがって、前記(7)式で求められる開き角 α の値に対して、 $\alpha \leq$ 電子ビームの開き角 $\leq 2\alpha$ としても、像のボケは少ない。

【0034】以上本発明を詳述したが、本発明は上記実施例に限定されない。例えば、二次電子を検出するようにしたが、反射電子などを検出するようにしても良い。また、図9に示すように、対物レンズ絞り15を絞り15の駆動装置17によって光軸外にずらすことによって、光軸に接している試料面でも前記の方法に準じて観察を行うことができる。更に、2つの陰極線管10、12を用いたが、単一の陰極線管を用い、画面を分割して2種の像を表示するようにしても良いし、2種の像を交互に切換えて表示するようにしても良い。更にまた、陰極線管の表示領域には下限を設けて、 $\Delta\theta$ が極端に小さいときには、陰極線管10に表示されている領域の像の倍率を上げるようにしても良い。

【0035】

【発明の効果】以上説明したように、本発明に基づく走査観察方法および走査電子顕微鏡においては、傾斜した試料面に対し、電子ビームを光軸から角度 θ 偏向し、その状態で微小角度 $\pm\Delta\theta$ の範囲を走査し、この走査に応じて試料から得られた信号を表示装置に導き、試料の傾斜面の走査像を表示する場合、試料に入射する電子ビームの開き角 α を最適な領域の値としたので、光軸に平行な面、あるいは、大きな傾斜角の面の観察を倍率に無関係に常に高分解能で鮮明に得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】凹凸試料の側面観察における電子ビームの照射*39

*の線子を示す図である。

【図2】凹凸試料の側面観察における電子ビームの照射の様子を示す図である。

【図3】本発明に基づく走査電子顕微鏡の一実施例を示す図である。

【図4】本発明の動作原理を説明するための図である。

【図5】本発明の動作原理を説明するための図である。

【図6】本発明に基づく具体的な操作例を示す図である。

19 【図7】偏向コイルに供給される走査信号を示す図である。

【図8】試料の側面における電子ビームの走査の様子を示す図である。

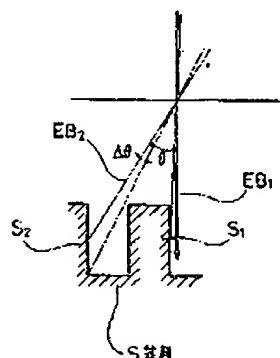
【図9】絞りを移動させる本発明の他の実施例を示す図である。

【図10】電子ビームの走査を説明するために示した図である。

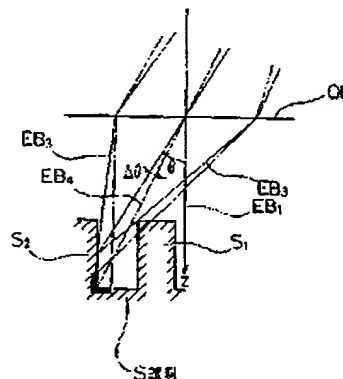
【符号の説明】

- 1 電子銃
- 2, 3 集束レンズ
- 4 対物レンズ
- 5 試料
- 6 偏向コイル
- 7 走査電源
- 8 同期装置
- 9 検出器
- 10, 12 陰極線管
- 11 画像積算装置
- 13 制御部
- 14 操作部

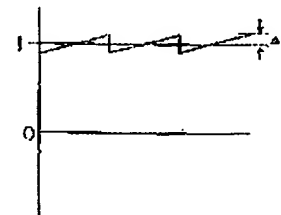
【図1】



【図2】



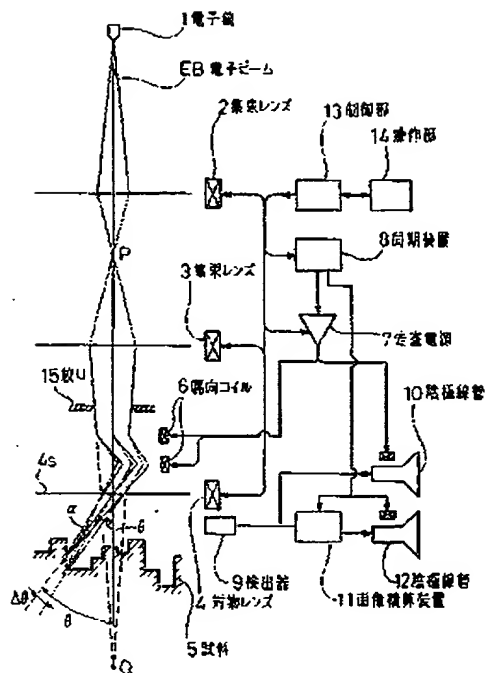
【図7】



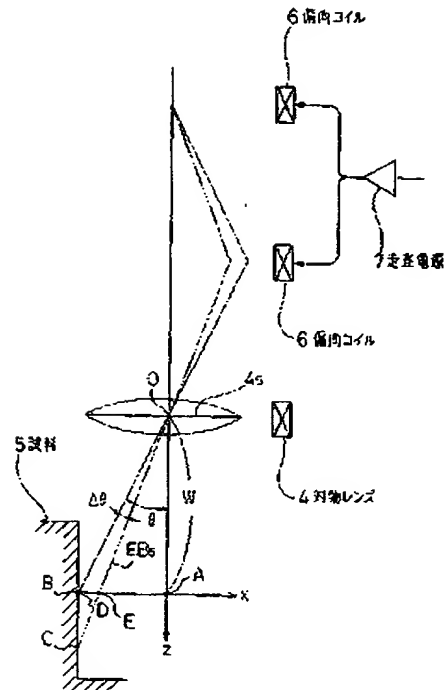
(7)

特開平5-258700

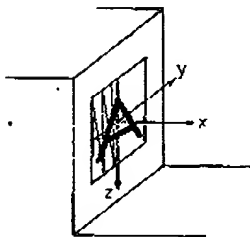
【図3】



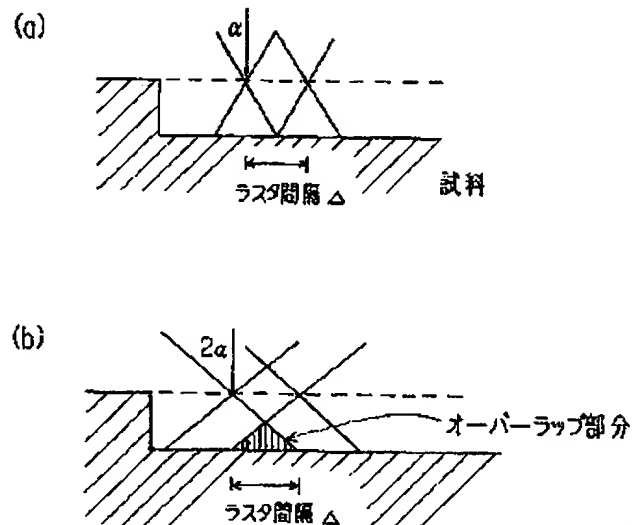
【図4】



【図8】



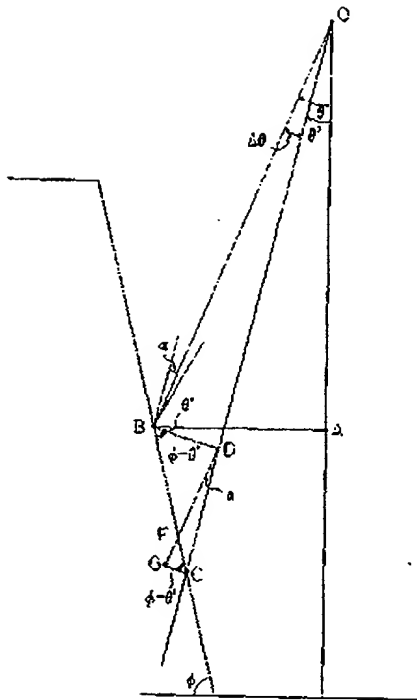
【図10】



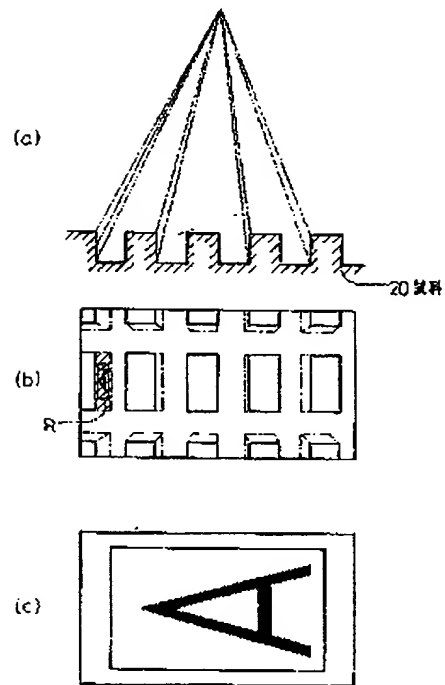
(8)

特開平5-258700

【図5】



【圖6】



(9)

特開平5-258700

【図9】

